1973

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG
Hannover · Berlin · Darmstadt · Dortmund

Gesamtherstellung: Druckerei Hans Oeding, Braunschweig

Printed in Germany

H 6661 F

Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft

Erste deutschsprachige Zeitschrift
für Kybernetische Pädagogik
und Bildungstechnologie

Informations- und Zeichentheorie
Sprachkybernetik und Texttheorie
Informationspsychologie
Informationsästhetik
Modelltheorie
Organisationskybernetik
Kybernetikgeschichte
und Philosophie der Kybernetik

Begründet 1960 durch Max Bense
Gerhard Eichhorn
und Helmar Frank

Band 14 · Heft 1
März 1973
Kurztitel: GrKG 14/1

INHALT

HERMANN SCHROEDEL VERLAG KG

Im Verlaufe der sechziger Jahre gewann im deutschen Sprachraum, insbesondere im Umkreis der „Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft“, die Erkenntnis an Boden, daß die eigentliche Triebfeder der Kybernetik das Bedürfnis ist, die Vollbringung auch *geistiger* Arbeit an technische Objekte zu delegieren, kurz: sie zu *objektivieren,* und daß dies nicht ohne eine über die geisteswissenschaftlich-phänomenologische Reflexion hinausgehende wissenschaftliche Anstrengung in vorhersehbarer und reproduzierbarer Weise möglich ist, nämlich nicht ohne eine *Kalkülisierung* geistiger Arbeit. Die Bedeutung der Logistik, der Informationstheorie und der Theorie abstrakter Automaten als mathematische Werkzeuge wird von diesem Gesichtspunkt aus ebenso einsichtig wie der breite Raum, den die Bemühungen um eine Kalkülisierung im Bereich der *Psychologie* und im Bereich der Sprache bzw., allgemeiner, der *Zeichen,* einnahmen.

Die geistige Arbeit, deren Objektivierbarkeit allmählich zum Leitmotiv dieser Zeitschrift wurde, ist nicht jene geistige Arbeit, die sich selbst schon in bewußten Kalkülen vollzieht und deren Objektivierung zu den Anliegen jenes Zweiges der Kybernetik gehört, die heute als Rechnerkunde oder Informatik bezeichnet wird. Vielmehr geht es in dieser Zeitschrift vorrangig darum, die verborgenen Algorithmen hinter jenen geistigen Arbeitsvollzügen aufzudecken oder wenigstens durch eine Folge einfacherer Algorithmen anzunähern und damit immer besser objektivierbar zu machen, welche zur Thematik der bisherigen Geisteswissenschaften gehören. Der größte Bedarf an Objektivation in diesem Bereiche ist inzwischen bei der geistigen Arbeit des *Lehrens* aufgetreten. Mit der Lehrobjektivation stellt diese Zeitschrift ein Problem in den Mittelpunkt, dessen immer bessere Lösung nicht ohne Fortschritte auch bei der Objektivierung im Bereich der Sprachverarbeitung, des Wahrnehmens, Lernens und Problemlösens, der Erzeugung ästhetischer Information und des Organisierens möglich ist. Die Bildungstechnologie als gemeinsamer, sinngebender Bezugspunkt soll künftig auch bei kybernetikgeschichtlichen und philosophischen Beiträgen zu dieser Zeitschrift deutlicher sichtbar werden. (GrKG 13/1, S. 1 f.)

Manuskriptsendungen gemäß unseren Richtlinien auf der dritten Umschlagseite an die Schriftleitung:

Prof. Dr. Helmar Frank
Assessorin Brigitte Frank-Böhringer
(Geschäftsführende Schriftleiterin)
Institut für Kybernetik
D-479 Paderborn, Riemekestraße 62
Tel.: (0 52 51) 3 20 23 u. 3 20 90

Anzeigenverwaltung und Vertrieb: Hermann Schroedel Verlag KG, D-3 Hannover, Zeißstraße 10

Erscheinungsweise: Viermal im Jahr mit je ca. 32 Seiten.
Preis: Einzelheft DM 7,40 – Jahresabonnement DM 29,60 (zuzüglich Postgebühren).

Semiotik und Kybernetik

Bemerkungen über einige historische und systematische Zusammenhänge

von Max BENSE, Stuttgart

Aus dem Institut für Philosophie und Wissenschaftstheorie der Universität Stuttgart
(Direktor: Prof. Dr. Max Bense)

Auch heute noch wird in der historischen Betrachtung der kybernetischen Denkweise fast stets außer acht gelassen, daß Charles S. Peirce, der amerikanische Philosoph, Mathematiker und Logiker (1839 – 1914), nicht nur in die Vorgeschichte jener interdisziplinären oder auch überdisziplinären Wissenschaft, der Norbert Wiener mindestens für unsere Epoche den Namen gab, gehört, sondern mit seinen relationstheoretischen, pragmatistischen und semiotischen Begriffsbildungen und Ideen Beiträge zur theoretischen Legitimierung lieferte, die heute erst erkennbar und wirksam werden. So wenig die Herausgabe der „Collected Papers" Charles Sanders Peirce' (in den Jahren 1931 – 1958 durch Ch. Hartshorne, P. Weiss und A. W. Burks) als eine philologische Glanzleistung angesehen werden kann, so sehr ist die allenthalben, vor allem auch in Deutschland, einsetzende Peirce-Forschung in starkem Maße auf diese Publikation angewiesen. Die in Kürze (in Holland) erscheinende Sammlung (gedruckter und ungedruckter) „Mathematischer Schriften" (ediert von Carolyn Eisele, New York) wird als mächtige Ergänzung der „Collected Papers" der Rezeption des amerikanischen Autors sicher die letzten Wege ebnen.

Die „Maxime des Pragmatismus", von der Peirce sagte, daß sie eine „logische Maxime" sei, die in den „Vorlesungen über Pragmatismus" (Peirce, 1973) entwickelt wurde, bezieht sich auf die g e r e g e l t e n Übergänge zwischen „Theorie" und „Praxis", deren abstrakte Formulierung als Schematismus in einer relationalistischen Theorie der Z e i c h e n , die Peirce als S e m i o t i k einführte, gegeben wird.

Ausgangspunkt dieser von Peirce formulierten und von uns als B a s i s t h e o r i e der Semiotik (Bense und Walther, 1973) bezeichneten Konzeption des Zeichens ist seine Definition als eine d r e i s t e l l i g e R e l a t i o n , in der ein beliebiges E t w a s dadurch zum Zeichen wird, daß es einmal als „Mittel" (M) der B e z e i c h n u n g , nämlich relativ zu einem „Objekt" (O) und schließlich in einem bestimmten Zusammenhang, der „Interpretant" (I) heißt, als B e d e u t u n g fungiert:

$$Z = R(M, O, I)_{Def.},$$

wenn man nur den relationalen Zustand des Zeichens als eines g e o r d n e t e n T r i p e l s festhält oder

$$Z = R(M \Rightarrow O \cdot \Rightarrow I)_{Def.},$$

wenn man darüber hinaus die Tatsache beachtet, daß die Einführung des Zeichens einen generierenden Prozeß, eine, wie Peirce sagte, „Semiose" darstellt, die hier durch „⇒" wiedergegeben wird.

Man erkennt leicht, daß bei Peirce unter dem Zeichen einerseits eine *Relation*, die „triadische Zeichenrelation", andererseits aber eine Regel, die „Semiose" [*der Bezug des selektierten repräsentierenden „Mittels" M auf ein bestimmtes Objekt, das dadurch zum bezeichneten „Objekt" O wird, und der weitere Bezug dieses „Objektsbezugs" auf einen „Interpretanten" I, der die Bedeutung des bezeichneten Objektes fixiert*] festlegt. Peirce verknüpft also mit der Eigenschaft des Zeichenseins die Eigenschaften des Relationseins und die Eigenschaft des Regelseins. So gehen in die Semiotik also Relationstheorie und Regeltheorie ein.

Diese triadische Konzeption des Zeichens hat dann Peirce im übrigen auch noch dadurch theoretisch legitimiert, daß er sie über seinem System der drei universalen Grundkategorien

„Erstheit" (Firstness),
„Zweitheit" (Secondness),
„Drittheit" (Thirdness)

definiert, das zugleich als universale Grundregel

„Erstheit" ⇒ „Zweitheit" ⇒ „Drittheit"

aufgefaßt wurde.

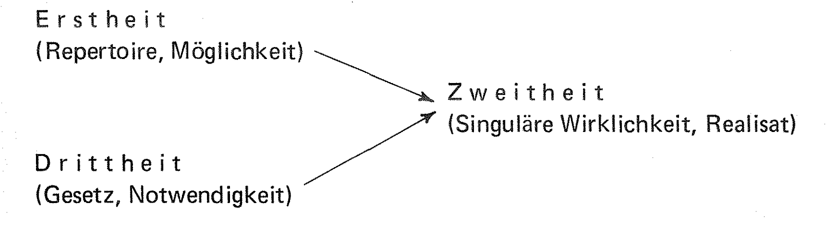
Daß dreistellige Relationen in der Relationenlogik systematisch darstellbar sind, ist heute allgemein bekannt und braucht hier nicht entwickelt zu werden. Doch möchte ich daran erinnern, daß jene allgemeine Regellehre, die Descartes vor allem in den „Regeln zur Leitung des Geistes" (1701) im Sinne hatte und die seither unsere Vorstellung von der „Methode" beherrscht, in der inzwischen berühmt gewordenen Dissertation H. B. Currys „Grundlagen der kombinatorischen Logik" (bei Hilbert in Göttingen, 1930) einen gewissen Abschluß gefunden hat, sofern hier unter „Anwendung" eine „Verknüpfung" verstanden wird, durch die einem „geordneten Paar von Etwasen" ein „eindeutig bestimmtes Drittes zugeordnet" wird.

Das geordnete Tripel von Etwasen erscheint daher formal legitimiert als zugleich fundamentales und universales Schema der Repräsentation des „Seienden" im Bewußtsein. Wir nennen dieses Schema der Repräsentation mit Peirce „Zeichen" und müssen beachten, daß es noch in den feinsten begrifflichen Verzweigungen, die Peirce dafür entwickelte, also in den Zeichenbezügen, Zeichentrichotomien, Zeichenklassen, Zeicheninklusionen und Zeichenoperationen stets die triadische Ausdifferenzierung der Welt und des Bewußtseins repetiert.

Peirce hat, worauf mich E. Walther hinwies, sein triadisches Relations- und Regelschema vor allem mit dem Prozeß kreativer Realisation verknüpft. Das früheste der diesbezüglichen Manuskripte stammt, wie E. Walther angibt, aus dem Jahre 1860. Es ist noch nicht publiziert und trägt den Titel „Analysis of Creation" (I BA-6x8). Wichtiger für unsere Betrachtung ist jedoch das ebenfalls noch nicht publizierte Manuskript Ms 310, das zu den „Vorlesungen über Pragmatismus" aus dem Jahre 1903 gehört.

In einem gewissen Rückgriff auf die Vorstellung „möglicher Welten" wie sie Leibniz vor allem in der „Theodizee" entwarf, geht Peirce in seinem Begriff der kreativen Relation davon aus, daß jedes Realisat (universalkategorisch durch den Modus der „Zweitheit" bzw. der „Wirklichkeit" bestimmt) regelgemäß aus der Anwendung einer gewissen Regel, eines gewissen Gesetzes (universalkategorisch durch den Modus der „Drittheit" bzw. der „Notwendigkeit" bestimmt) auf ein vorgegebenes Repertoire möglicher Fälle (universalkategorisch durch den Modus der „Erstheit" bzw. der „Möglichkeit" bestimmt) hervorgeht.

Schematisch gesehen handelt es sich um einen Prozeß folgender Graphen-Konfiguration:



Ein Realisat, ein wirklicher „Fall" im Sinne eines gemachten, nicht gegebenen Objektes erscheint damit als eine dreistellige Relation, die gemäß einer dreiphasigen Regel generiert wird; jede Realisation kann daher durch eine Semiose repräsentiert werden.

Mir ist es nun wichtig, daß die unter dem Titel „Prolegomena zu einer Apologie des Pragmatizismus" in „The Monist" (1906) zuerst erschienenen Ausführungen über das Thema „Graphen" und „Zeichen" (Collected Papers, IV, Paragraph 530 – 572) in unserem Zusammenhang besonders genannt werden. Davon abgesehen, daß hier Peirce grundlegende Beiträge zur Graphentheorie lieferte, interessiert natürlich die semiotische Kennzeichnung der Graphen.

Vor allem gewinnt Peirce eine Definition des „Geistes", die diesen praktisch zum Medium aller Zeichen werden läßt: „Geist ist eine Satzfunktion des umfassendsten möglichen Universums, und zwar derart, daß ihre Werte die Bedeutungen aller Zeichen sind, deren aktuale Wirkungen untereinander effektiv in Verbindung stehen."

Im Anschluß an diese semiotisch-logistische Definition des „Geistes" führt er alsdann ein Kommunikationsschema, genauer: ein zeicheninternes Kommunikationsschema ein, indem er einen „Quasi-Sender" und einen „Quasi-Empfänger" unterscheidet, die im

Zeichen selbst zu einem System vereinigt sind. Etwas später gebraucht er für den „Sender" auch den Ausdruck „Graphist" und für den „Empfänger" den Ausdruck „Interpret" (Peirce, 1971).

Die „Existenzgraphen", wie Peirce sie zuerst bezeichnete, um später einfach „Graph" zu sagen, sind ausdrücklich als „Diagramme" im Sinne von Zeichengebilden verstanden worden, die in der Hauptsache aus „Punkten" und „Linien", die bestimmte dieser Punkte verbinden, bestehen. Sie beschreiben damit bereits eine frühe Form dessen, was wir heute „Netzwerke" nennen, durch die energetische oder informationelle Kommunikationssysteme entsprechend etwa den Darstellungen von C. Berge (Theorie des Graphes et ses applications (1958)) oder C. Flament (Applications of Graph Theory to Group Structure (1963)) mathematisch (mit Hilfe der Mengenalgebra) und schematisch (eben mit Hilfe der Graphentheorie) erfaßt werden können. Die Stuttgarter Semiotik-Gruppe hat im Anschluß an Peirce, C. Berge, Meyer-Eppler u.a. eine systematische Semiotisierung der Graphen bzw. der Kommunikationsgraphen auf der Basis topologischer Zeichenkonzeptionen durchgeführt (Bense, 1971).

Im weiteren Sinne muß dabei ein Zeichen, eingeführt als triadische Regel-Relation, selbstverständlich als das verstanden werden, was O. Lange in seinen systemtheoretischen Untersuchungen über „Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht" (deutsch 1966) „aktives Element" nennt, ein Element also, das von anderen materialen Elementen ebenso bestimmt wird, wie es selbst wiederum auf jedes andere Element des betrachteten Systems einwirkt.

Erst unter diesen Voraussetzungen werden „Zeichen" zu „relativ isolierten" bzw. „relativ offenen" Systemen mit einem „Eingang" und einem „Ausgang" bzw. mit „präsentierender" und „repräsentierender" Funktion, die sie wie „abstrakte Automaten" fungieren lassen, im Gegensatz etwa zu „Zahlen als solchen", die „fensterlos" wie „Monaden" nur einen „repräsentierenden" Charakter besitzen.

Es handelt sich also, geht man über die in der Basistheorie konzipierte abstrakte Semiotik hinaus, bei einem durch Graphen wiedergegebenen Zeichensystem um ein System aktiver Zeichen, die jeweils als (zeicheninterne) Wechselwirkungssysteme oder Regelsysteme aufgefaßt werden dürfen. Ein in einem eingeführten Repertoire gegebenes Mittel „M", das auf ein (zeichenexternes) Objekt bezogen wird, transformiert dieses in das (zeicheninterne) Objekt „O", derart, daß über dem Repertoire von „M" ein Konnex bzw. Kontext für das bezeichnete Objekt „O" gebildet werden kann, in dem „O" über seine Bezeichnung hinaus seine Bedeutung, d.h. seinen Interpretanten „I" gewinnt. Dieser Interpretant „I" kann aber [thetisch] (Bense, 1971) wiederum zu einem „Zeichen als solchen" (Walther, 1962) bzw. zu einem Mittel „M′" auf einer neuen, höheren semiotischen Repertoirestufe erklärt bzw. rück-erklärt werden (im Sinne eines zu hypostasierenden s e m i o t i s c h e n R e g e l k r e i s e s des iterierenden Zeichenprozesses), um auf eben der neuen semiotischen Stufe das bezeichnete höhere Objekt „O′" und seinen höheren Interpretanten „I′" zu deklarieren.

In diesem Sinne expliziert und impliziert der Begriff der triadischen Zeichenrelation, wie ihn Peirce einführte und wie er in die logische, mathematische und systemtheoretische Terminologie hineinentwickelt werden konnte (Bense und Walther, 1973), durchaus die Vorstellung abstrakt zu denkender geregelter Kreis- oder Rückkoppelungsprozesse, deren Theorie, wie immer wieder einmal, z.B. von v. Bertalanffy (1968) und H. Frank (1964 und 1966), formuliert worden ist, die grundlegende Terminologie der kybernetischen Denkweise geliefert hat. Natürlich sind semiotische Regelkreise, aufgebaut auf der semiotischen Regel-Relations-Konzeption, noch keine technischen Regelkreise. Sie sind viel eher Verwandte der „abstrakten Automaten" (Medwedews oder Mealys (vgl. Gluschkow, 1962)) oder auch der „input"-„output"-Systeme (Greniewski und Kempisty, 1966 und Lange 1966). Aber man kann bei N. Wiener (1948), O. Lange (1966), H. Frank (1966), K. Steinbuch (1961), Hermann Schmidt (1961), H. Schwarz (1969), B. F. Skinner (1972) und G. Ropohl (1971) nachlesen, wie weit die Regel-Relations-Terminologie der entwickelten Semiotik Peircescher Provenienz in die Terminologie der kybernetisch orientierten Informations- und Kommunikationstheorien, Netzwerk- und Graphentheorien, Lern- und Verhaltenstheorien hineinreicht.

Es muß immer erst das die *Thematisierung* eines wissenschaftlichen Bereichs festlegende *Definitionssystem* in einer dieser Thematisierung angemessenen *Terminologie* entwickelt werden, ehe die eigentliche Theorie, also das *System der Theoreme*, sich herausbilden kann. Das was heute *Kybernetik* heißt, definiert keine bestimmte einzelne Wissenschaft, sondern ein *System von Wissenschaften*, zu dessen Legitimierung vermutlich Wissenschaftstheorie nicht ausreicht, sondern auch jene Fundamente notwendig sind, die als Begriffe und Methoden neben der Semiotik auch Logik, Linguistik, Theorie der Theorien und technologische Systemtheorie umfassen.

Schrifttumsverzeichnis

Bense, M.: Zeichen und Design, Baden-Baden, 1971

Bense, M., Walther, E.: Wörterbuch der Semiotik, Köln, 1973

Berge, C.: Theorie des Graphes et ses Applications, Paris, 1958

Berger, W.: Darstellung des Kommunikationsschemas mittels Zeichen-Graphen, GrKG 12/1, S. 1, 1971

Flament, C.: Applications of Graph Theory to Group Structure, New Jersey, 1963

Frank, H. (Herausgeber): Kybernetische Maschinen, Frankfurt a.M., 1964

Frank, H.: Kybernetik und Philosophie, Berlin, 1966

Gluschkow, W. M.: Theorie der abstrakten Automaten, deutsche Ausgabe, Berlin, 1962

Greniewski, H., Kempisty, M.: Kybernetische Systemtheorie ohne Mathematik, Berlin, 1966

Lange, O.: Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht, deutsche Ausgabe, Berlin, 1966

Peirce,Ch.S.: Graphen und Zeichen, übersetzt von Friederike Roth, Serie „rot", Nr. 44, Stuttgart, 1971

Peirce,Ch.S.: Vorlesungen über Pragmatismus, herausgegeben, übersetzt und kommentiert von Elisabeth Walther, Felix Meiner, Hamburg, 1973

Ropohl, G.: Flexible Fertigungssysteme, Dissertation Stuttgart, Mainz, 1971

Schmidt, H.: Regelungstechnik, Beiheft zu Band 2 der Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft, 1961

Schwarz, H.: Einführung in die moderne Systemtheorie, Braunschweig, 1969

Skinner,B.F.: Beyond Freedom and Dignity, New York, 1972

Steinbuch,K.: Automat und Mensch, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1961

v. Bertalanffy, L.: General System Theory, Foundation, Development, Applications, New York, 1968

Walther, E.: Die Begründung der Zeichentheorie bei Ch. S. Peirce, GrKG, Band 3, 1962

Wiener, N.: Cybernetics, New York, Paris, 1948

Eingegangen am 27. Januar 1973

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Max Bense, Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie der Universität Stuttgart, 7 Stuttgart 1, Friedrichstraße 10

Über ein Gruppierungsverfahren

von Miloš Lánský, Paderborn

aus dem Institut für Bildungsinformatik (Direktor: Prof. Dr. Miloš Lánský am Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren, Paderborn)

Wie F. von Cube (1961a, 1961b, 1962, 1964a, 1964b) und R. Gunzenhäuser (1963) gezeigt haben, kann man unter gewissen Voraussetzungen einen aus m Textzeichen bestehenden Text in einer strukturierten Form darstellen, und zwar so, daß man den Text in m_1 Gruppen von m_2 Einzelzeichen aufgliedert. Dann wird das Problem der Minimalisierung der Gesamtinformation I gelöst, wobei gesetzt wird

$$I = m_1 \operatorname{ld} m_1 + m_1 m_2 \operatorname{ld} m_2$$

$$m = m_1 m_2$$

In der vorliegenden Arbeit wird der mathematische Aspekt eines verallgemeinerten Verfahrens untersucht, wobei auf die Fundamentalfragen (Eckel, 1964, und F. von Cube, 1965) hier nicht näher eingegangen werden soll. Es handelt sich um eine mehrstufige Gruppierung, bei der die Gesamtinformation I in der Form

$$(1) \qquad I = \sum_{j=1}^{k} m_1 m_2 \ldots m_j \operatorname{ld} m_j$$

$$(2) \qquad m = m_1 \ldots m_k$$

gegeben ist, wobei k die Stufe der Gruppierung genannt wird, m_j, m sind natürliche Zahlen.

Für $k = 2$ geht das Problem in die zitierte Form über. Die Gruppierung heißt hier optimal, wenn I minimal wird. Wenn man die Frage nach der Minimalisierung von I mit den Methoden der mathematischen Analysis beantworten will, muß man von den diskreten natürlichen Zahlen m_j zu den allgemeineren reellen Zahlen m_j übergehen. Die Folgerungen für die natürlichen Zahlen sind dann unmittelbar ersichtlich. Wir gelangen also zur folgenden Problemstellung.

Problemstellung

Es sei k eine natürliche Zahl, I eine Funktion von k Variablen $m_1, \ldots, m_k$, die in der Menge

$$(3) \qquad (0, +\infty)^k$$

durch die Vorschrift (1) definiert wird.

Wir fragen, ob zu jedem m

(4) $$m > 0$$

das Minimum der Funktion (1) mit der Nebenbedingung (2) im Definitionsbereich (3) existiert und ob es eindeutig ist.

Einen Lösungsansatz wird der folgende Satz zeigen:

Satz 1 Eine notwendige Bedingung für die Existenz des Minimums der Funktion (1) mit der Nebenbedingung (2) im inneren Punkt $(\overline{m}_1, \ldots, \overline{m}_k)$ des Definitionsbereiches (3) wird durch das folgende System von Gleichungen ausgedrückt.

(5) $$\overline{m}_{i+1} = 1 + \ln \overline{m}_i \qquad i = 1, \ldots, k-1$$

(6) $$\overline{m}_1 = m(\overline{m}_2 \ldots \overline{m}_k)^{-1}$$

Beweis: Da die Bedingungen für die Benützung der Lagrangeschen Methode in unserem Problem erfüllt sind, können wir die Funktion

(7) $$\Phi = I + \lambda(m - \prod_{j=1}^{k} m_j)$$

mit I von (1) und mit dem reellen Multiplikator λ herstellen. Die entsprechenden Bedingungen werden nach Lagrange durch das System von $(k+1)$ Gleichungen

(8) $$\frac{\partial \Phi}{\partial m_i} = 0, \qquad i = 1, \ldots, k$$

(9) $$\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda} = 0$$

für $k+1$ Unbekannte $m_1, \ldots, m_k, \lambda$ dargestellt.

Die entsprechenden partiellen Ableitungen sind

(10) $$\frac{\partial \Phi}{\partial m_i} = \sum_{j=i}^{k} m_1 \ldots m_j \cdot m_i^{-1} \operatorname{ld} m_j + m_1 \ldots m_i m_i^{-1} \operatorname{ld} e - \lambda m_i^{-1} \prod_{j=1}^{k} m_j$$
$$i = 1, \ldots, k$$

(11) $$\frac{\partial \Phi}{\partial \lambda} = m - \prod_{j=1}^{k} m_j$$

Das System (8) kann durch ein äquivalentes System (12), (13) ersetzt werden:

(12) $$\frac{\partial \Phi}{\partial m_k} = 0$$

(13) $$m_{i+1} \frac{\partial \Phi}{\partial m_{i+1}} - m_i \frac{\partial \Phi}{\partial m_i} = 0, \qquad i = 1, \ldots, k-1$$

Unter Verwendung von (10) erhält man aus (12), (13)

(14) $$m_1 \ldots m_{k-1} [\mathrm{ld}\,(e\, m_k) - \lambda] = 0$$

(15) $$m_{i+1} = 1 + \ln m_i\,; \qquad i = 1, \ldots, k-1$$

Wenn wir die Gleichung (14) für die Auswertung von λ benützen, bleiben uns die Gleichungen (5) und (6) übrig, wobei (6) aus (9) und (11) folgt, was zu beweisen war.

Satz 2 Wenn die Bedingung (5), (6) erfüllt ist, wird der entsprechende Wert der Funktion (1) im Punkte $(\overline{m}_1, \ldots, \overline{m}_k)$ durch die Formel

(16) $$I_{\min} = \{m\,(1 + \ln \overline{m}_k) - \overline{m}_1\}\ \mathrm{ld}\ e$$

gegeben.

Beweis: Der entsprechende Wert von (1) ist

(17) $$I_{\min} = \sum_{j=1}^{k} \overline{m}_1 \ldots \overline{m}_j\ \mathrm{ld}\ \overline{m}_j\,.$$

Nach (5) ist

(18) $$I_{\min} = \{\sum_{j=1}^{k-1} \overline{m}_1 \ldots \overline{m}_j (\overline{m}_{j+1} - 1) + \overline{m}_1 \ldots \overline{m}_k \cdot \ln \overline{m}_k\}\ \mathrm{ld}\ e$$

Daraus erhält man

(19) $$I_{\min} = \{\overline{m}_1 \ldots \overline{m}_k - \overline{m}_1 + \overline{m}_1 \ldots \overline{m}_k \ln \overline{m}_k\}\ \mathrm{ld}\ e$$

Unter Verwendung von (6) folgt aus (19) die Formel (16)

Satz 3 Die Bedingung (5), (6) ist für die Existenz des Minimums der Funktion (1) mit der Nebenbedingung (2) im Definitionsbereich (3) auch hinreichend.

Beweis: Zum Beweis nehmen wir statt der Funktion (1) die Funktion

(20) $$F = (I - I_{\min}) \cdot \ln 2,$$

wobei I durch (1), $I_{\min}$ durch (16) gegeben ist, und m_k nach (2) durch die Funktion von unabhängigen Variablen $m_1, \ldots, m_{k-1}$ ersetzt wird. Wenn wir in (3) die partiellen Ableitungen mit

(21) $$F_i = \frac{\partial F}{\partial m_i}, \qquad F_{i,r} = \frac{\partial^2 F}{\partial m_i \partial m_r}, \qquad i, r = 1, k-1$$

und ihre Werte im Punkte $(\overline{m}_1, ..., \overline{m}_{k-1})$ nach (5), (6), mit $\overline{F}_i$, $\overline{F}_{i,r}$ bezeichnen, muß man beweisen, daß die quadratische Form $\sum_{i,r=1}^{k-1} \overline{F}_{i,r} \xi_i \xi_r$ positiv definit ist. Zu diesem Zweck muß man die Matrix $(F_{i,r})$ untersuchen.

Nach (20) ist

(22) $$F = \sum_{j=1}^{k-1} m_1 \ldots m_j \ln m_j + m \ln \frac{m_k}{\overline{m}_k} - m + \overline{m}_1$$

mit

(23) $$\ln \frac{m_k}{\overline{m}_k} = -\sum_{j=1}^{k-1} \ln \frac{m_j}{\overline{m}_j}$$

Also ist

(24) $$F = \sum_{j=1}^{k-1} m_1 \ldots m_j \ln m_j - m \sum_{j=1}^{k-1} \ln \frac{m_j}{\overline{m}_j} - m + \overline{m}_1$$

Die erste partielle Ableitung von (24) ist nach (21)

(25) $$F_i = m_i^{-1} \{m_1 \ldots m_i - m + \sum_{j=i}^{k-1} m_1 \ldots m_j \ln m_j\}, \quad i = 1, \ldots, k-1$$

die zweiten partiellen Ableitungen sind also

(26) $$F_{i,r} = m_i^{-1} m_r^{-1} \{m_1 \ldots m_i + \sum_{j=i}^{k-1} m_1 \ldots m_j \ln m_j\}$$

für $r < i$,

(27) $$F_{i,r} = m_i^{-1} m_r^{-1} \{m_1 \ldots m_r + \sum_{j=r}^{k-1} m_1 \ldots m_j \ln m_j\}$$

für $r > i$ und

(28) $$F_{i,i} = m_i^{-2} (m_1 \ldots m_i + m)$$

in allen Fällen $r, i = 1, \ldots, k-1$.

Wir setzen in (26), (27), (28) die Werte $\overline{m}_1, \ldots, \overline{m}_{k-1}$ nach (5), (6) ein und erhalten aus (26)

(29) $$\overline{F}_{i,r} = \overline{m}_i^{-1} \overline{m}_r^{-1} \{\overline{m}_1 \ldots \overline{m}_i + \sum_{j=i}^{k-1} \overline{m}_1 \ldots \overline{m}_j (\overline{m}_{j+1} - 1)\}$$
$$= \overline{m}_i^{-1} \overline{m}_r^{-1} m \text{ für } r < i,$$

ganz analog aus (27)

(30) $\bar{F}_{i,r} = \overline{m}_i^{-1}\,\overline{m}_r^{-1}\,m \quad \text{für } r > i$

und aus (28)

(31) $\bar{F}_{i,i} = \overline{m}_i^{-2}\,(\overline{m}_1 \ldots \overline{m}_i + m)$

Die Matrix $(\bar{F}_{i,r})$ wird durch die Elemente (29), (30), (31) definiert und ihre Positivität kann nach dem bekannten Sylvesterschen Satz dadurch gekennzeichnet werden, wenn man zeigt, daß alle hauptdiagonale Subdeterminanten $|\bar{F}_{i,r}|_{i,r=1,\ldots,n}$ für $n = 1, \ldots, k-1$ positiv sind. Diese Eigenschaft des Systems von Subdeterminanten wird durch vollständige Induktion bewiesen.

Für $n = 1$ ist nach (31) unmittelbar ersichtlich, daß $|\bar{F}_{1,1}| = \bar{F}_{1,1}$ für positive Werte von $\overline{m}_1$ und m positiv ist. Wir nehmen an, daß die Positivität für $n-1$ gilt und schreiben dann ausführlicher

(32) $$|\bar{F}_{i,r}|_{i,r=1,\ldots,n} = (\overline{m}_1 \ldots \overline{m}_n)^{-2}\,m^n \cdot \begin{vmatrix} 1+\frac{\overline{m}_1}{m} & 1 & \ldots & 1 & 1 \\ 1 & 1+\frac{\overline{m}_1\overline{m}_2}{m} & \ldots & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 1 & 1 & \ldots & 1+\frac{\overline{m}_1\ldots\overline{m}_{n-1}}{m} & 1 \\ 1 & 1 & \ldots & 1 & 1+\frac{\overline{m}_1\ldots\overline{m}_n}{m} \end{vmatrix}$$

Die Determinante in (32) kann in die Summe von zwei Determinanten

(33) $$\begin{vmatrix} 1+\frac{\overline{m}_1}{m} & 1 & \ldots & 1 & 1 \\ 1 & 1+\frac{\overline{m}_1\overline{m}_2}{m} & \ldots & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 1 & 1 & \ldots & 1+\frac{\overline{m}_1\ldots\overline{m}_{n-1}}{m} & 1 \\ 1 & 1 & & 1 & 1 \end{vmatrix} = \prod_{j=1}^{n-1} \frac{\overline{m}_1 \ldots \overline{m}_j}{m}$$

und

$$(34)\quad \begin{vmatrix} 1+\frac{\bar{m}_1}{m} & 1 & \dots & 1 & 1 \\ 1 & 1+\frac{\bar{m}_1\bar{m}_2}{m} & \dots & 1 & 1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1+\frac{\bar{m}_1 \dots \bar{m}_{n-1}}{m} & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \frac{\bar{m}_1 \dots \bar{m}_n}{m} \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{\bar{m}_1 \dots \bar{m}_n}{m} \left[(\bar{m}_1 \dots \bar{m}_{n-1})^{-2} m^{n-1} \right]^{-1} | \bar{F}_{i,r} |_{i,r=1,\dots,n-1}$$

zerlegt werden. Es gilt also nach (32), (33), (34) die Beziehung

$$(35)\qquad | \bar{F}_{i,r} |_{i,r=1,\dots,n} = (\bar{m}_1 \dots \bar{m}_n)^{-2} m^n \prod_{j=1}^{n-1} \frac{\bar{m}_1 \dots \bar{m}_j}{m} + \frac{\bar{m}_1 \dots \bar{m}_{n-1}}{\bar{m}_n} | \bar{F} |_{i,r=1,\dots,n-1}$$

Aus (35) und der Induktionsannahme folgt unmittelbar, daß auch $| \bar{F}_{i,r} |_{i,r=1,\dots,n}$ für positive Werte von $\bar{m}_1, \dots, \bar{m}_n, m$ positiv ist. Für alle $n = 1, \dots, k-1$ ist also

$$(36)\qquad | \bar{F}_{i,r} |_{i,r=1,\dots,n} > 0$$

und somit ist bewiesen, daß die Bedingung (5), (6) auch hinreichend ist.

Jetzt ist die Frage zu beantworten, ob es überhaupt eine Lösung des Systems (5), (6) im Bereich (3) gibt und ob diese Lösung eindeutig ist. Zuerst werden wir das System (5) untersuchen. Die Lösung von (5) nennen wir positiv, wenn es durch ausschließlich positive Zahlen erfüllt ist. Die Lösung mit $m_i = 1$ für irgendein $i = 1, \dots, k$ nennen wir trivial.

Satz 4: Für jede nichttriviale positive Lösung von (5) $(m_1, \dots, m_k)$ gilt

$$(37)\qquad m_1 > m_2 > \dots > m_{k-1} > m_k$$

Beweis: Da für alle positive $x \neq 1$ die bekannte Ungleichung

$$(38)\qquad 1 + \ln x < x$$

gilt, folgt nach (5)

(39) $m_{i+1} < m_i$ für $i = 1, \dots k - 1$

und deshalb auch (37)

Satz 5 Zu jeder positiven reellen Zahl m_k gibt es eine und nur eine positive Lösung $(m_1, \dots, m_k)$ des Systems (5).

Beweis: Durch die Inversion von (5) erhalten wir die Beziehung

(40) $$m_i = e^{m_{i+1} - 1}; \quad i = 1, \dots, k - 1.$$

Wenn m_k eine beliebige positive reelle Zahl ist, kann man mittels (40) die Zahlen m_{k-1}, ..., m_1 bestimmen und es ist klar, daß es sich um die einzige positive Lösung von (5) handelt.

Satz 6 Zu jeder positiven reellen Zahl m gibt es eine positive Lösung $(\overline{m}_1, \dots, \overline{m}_k)$ des Systems (5), (6).

Beweis: Es sei m eine gegebene positive Zahl. Nach Satz 5 kann man zu jeder reellen Zahl m_k die positive Lösung $(m_1, \dots, m_k)$ des Systems (5) finden, so daß

(41) $$\varphi(m_k) = m - \prod_{j=1}^{k} m_j$$

eine Funktion von m_k darstellt, die im Intervall $(0, +\infty)$ nach (40) stetig ist. Nach Satz 4 unter Berücksichtigung von (40) ist es klar, daß

(42) $$\lim_{m_k \to \infty} \varphi(m_k) = -\infty, \qquad \lim_{m_k \to 0_+} \varphi(m_k) = m > 0,$$

so daß es wenigstens eine Zahl $\overline{m}_k \in (0, +\infty)$ gibt, für welche

(43) $$\varphi(\overline{m}_k) = 0$$

Nach Satz 5 kann man die positive Lösung von (5) $\overline{m}_1, \dots, \overline{m}_k$ zu $\overline{m}_k$ herstellen, wobei (43) mit (41) die Gültigkeit von (6) bedeutet.

Satz 7 Zu jeder positiven reellen Zahl m ist die Lösung von (5), (6) im Bereich (3) eindeutig gegeben.

Beweis: Wenn es zwei verschiedene Lösungen $(\overline{m}_1, \dots, \overline{m}_k)$, $(\overline{\overline{m}}_1, \dots, \overline{\overline{m}}_k)$ von (5), (6) im Bereich (3) gäbe, müßte z.B. $\overline{m}_1 < \overline{\overline{m}}_i$ für irgendein i gelten.

Dann ist aber nach (5) bzw. (40)

(44) $\overline{m}_j < \overline{\overline{m}}_j$ für alle $j = 1, \dots, k$

und nach (41)

$$(45) \qquad \varphi(\bar{m}_k) > \varphi(\bar{\bar{m}}_k),$$

was der Bedingung (6) widerspricht.

Die nach Satz 6 gefundene Lösung ist also eindeutig.

So gelangen wir zur vollständigen Antwort auf die in der Einleitung formulierte Problemstellung:

Satz 8 Zu jeder natürlichen Zahl k und zu jeder positiven reellen Zahl m gibt es einen und nur einen Punkt $(\bar{m}_1, ..., \bar{m}_k)$ im Bereich (3), in welchem die Funktion (1) mit der Nebenbedingung (2) ihr Minimum erreicht. Die Koordinaten des Punktes sind als Lösung (5), (6) gegeben, den Minimumwert von (1) gibt die Formel (16) an.

Beweis: Nach den Sätzen 6 und 7 ist das System (5), (6) im Bereich (3) eindeutig lösbar. Nach den Sätzen 1 und 3 muß die Funktion (1) mit der Nebenbedingung (2) im betreffenden Punkte ihr Minimum erreichen, das den Wert (16) nach Satz 2 annimmt.

Wir setzen jetzt voraus, daß $m > 1$ fest gegeben ist und wir fragen, ob I_{min} beim Vergrößern der Stufe k der Gruppierung erniedrigt werden kann. Die Antwort darauf gibt der

Satz 9 Es seien k', k'' zwei natürliche Zahlen (Stufen der Gruppierung), $m > 1$ eine feste Zahl. Wenn wir die entsprechenden Minimalwerte nach (16) mit I'_{min}, I''_{min} bezeichnen, dann gilt die folgende Implikation:

$$(46) \qquad k' < k'' \Rightarrow I'_{min} > I''_{min}$$

Beweis: Es genügt zu zeigen, daß bei festem $m > 1$ zu jeder optimalen Gruppierung der Stufe k eine Gruppierung der Stufe $k + 1$ angegeben werden kann, deren entsprechende Gesamtinformation kleiner ist als die, die der optimalen Gruppierung der Stufe k angehört. Es sei $(\bar{m}_1, ..., \bar{m}_k)$ die optimale Gruppierung von $m > 1$ der Stufe k, so daß nach (1)

$$(47) \qquad I_{min} = \sum_{j=1}^{k} \bar{m}_1 \dots \bar{m}_j \operatorname{ld} \bar{m}_j$$

ist. Da $m > 1$ gilt, muß nach (6) und (37) auch $\bar{m}_k > 1$ sein. Die Zahl $\bar{m}_1$ kann dann in der Form

$$(48) \qquad \bar{m}_1 = m'_1 \cdot m''_1, \qquad m'_1 > 1,\ m''_1 > 1$$

ausgedrückt werden und $(m'_1, m''_1, \bar{m}_2, ..., \bar{m}_k)$ stellt jetzt eine $(k + 1)$-stufige Gruppierung von m dar, bei welcher nach (1)

$$(49) \qquad I = m'_1 \operatorname{ld} m'_1 + m'_1\, m''_1 \operatorname{ld} m''_1 + \sum_{j=2}^{k} \bar{m}_1 \dots \bar{m}_j \operatorname{ld} \bar{m}_j$$

Da nach (48) die Ungleichung

$$(50) \qquad \overline{m}_1 \operatorname{ld} \overline{m}_1 = m'_1 m''_1 \operatorname{ld} m'_1 m''_1$$

$$= m'_1 m''_1 \operatorname{ld} m'_1 + m'_1 m''_1 \operatorname{ld} m''_1 > m'_1 \operatorname{ld} m'_1 + m'_1 m''_1 \operatorname{ld} m''_1$$

gilt, folgt durch Vergleich von (47) und (49) sofort $I < I_{min}$, was zu beweisen war.

Nach dem Satz 9 könnte man leicht zu der Überzeugung gelangen, daß man durch die fortschreitende Vergrößerung der Stufe k der Gruppierung eine beliebige Verringerung der Gesamtinformation I erzielen kann. Das ist praktisch jedoch nicht der Fall. Die Gruppierung ist in ihrer Textinterpretation nur dann von Bedeutung, wenn für alle m_i die Ungleichung

$$(51) \qquad m_i \geqslant 2; \qquad i = 1, ..., k$$

gilt. In diesem Falle nennen wir die Gruppierung nichttrivial. Die Grenze der optimalen nichttrivialen Gruppierungen ist nach den Sätzen 4 und 5 durch $\overline{m}_k = 2$ gegeben.

Wenn wir nach der Formel (40) die entsprechenden Werte $\overline{m}_{k-1}, ..., \overline{m}_1$ bestimmen und $m(k)$ durch

$$(52) \qquad m(k) = \overline{m}_1 ... \overline{m}_k; \qquad \overline{m}_k = 2$$

definieren, ist es klar, daß die k-stufige optimale nichttriviale Gruppierung der Zahl m nur dann zulässig ist, wenn die Ungleichung

$$(53) \qquad m > m(k)$$

erfüllt ist. Es ist natürlich die maximale Stufe $k_{max}(m)$ der optimalen nichttrivialen Gruppierung der Zahl m durch die Bedingung zu charakterisieren, daß für

$$(54) \qquad k = k_{max}(m); \qquad m(k) < m < m(k+1)$$

gilt.

Die Situation kann durch die zu (52) gehörige Tabelle 1 illustriert werden. Es wäre verlockend, hier die Ausdrücke „Silbe" (≙ 2 Zeichen), „Wort" (≙ 3 Silben), „Satz" (≙ 6 Wörter), „Absatz" (≙ 100 Sätze) einzuführen. Jedoch könnten sich im Hinblick auf die in der Sprachwissenschaft selbstverständlich kompliziertere Situation Mißverständnisse ergeben.

Tabelle 1

k	$\overline{m}_k$	$\overline{m}_{k-1}$	$\overline{m}_{k-2}$	$\overline{m}_{k-3}$	$m(k)$
1	2	–	–	–	2
2	2	2,718	–	–	5,436
3	2	2,718	5,58	–	30,33
4	2	2,718	5,58	99,484	3017,35

Die Resultate unserer Untersuchungen können in einer abgerundeten Form auf die natürlichen Zahlen angewandt werden. Es handelt sich dann um eine ganzzahlige Approximation der optimalen nichttrivialen Gruppierung. Zur Illustration dienen die Tabellen 2 und 3.

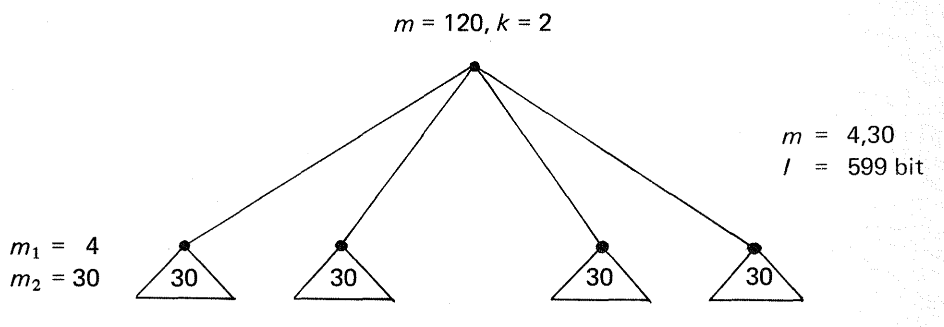
Tabelle 2
(Zweistufige Gruppierung)

m_1	2	2	2	3	3	4	4	4
m_2	2	3	4	5	10	15	20	30
$m = m_1 m_2$	4	6	8	15	30	60	80	120

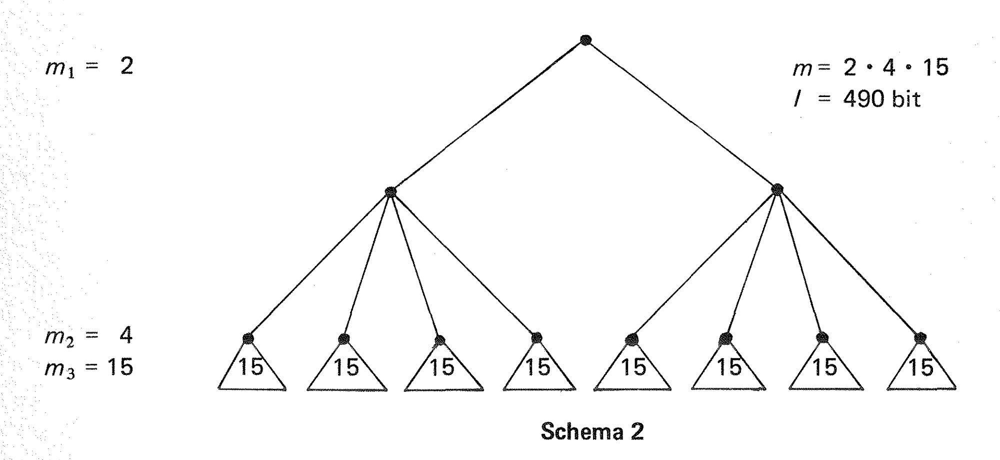
Tabelle 3
(Dreistufige Gruppierung)

m_1	2	2	2	2	2	2
m_2	2	2	2	3	3	4
m_3	2	3	4	5	10	15
$m = m_1 m_2 m_3$	8	12	16	30	60	120

Die Idee der mehrstufigen Gruppierung (nach den Tabellen 2 und 3) ist aus dem folgenden Schema ersichtlich:



Schema 1



Schema 2

Der Informationsabbau bei dem Übergang von der zweistufigen zu der dreistufigen Gruppierung stellt im Falle von $m = 120$ den Wert 109 bit dar.

Schrifttumsverzeichnis

Eckel, K.: Über den Zusammenhang von „Repertoire" und „Superzeichen", GrKG 5/1, 1964

Gunzenhäuser, R.: Informationstheoretische Grundlagen zukünftiger Lehrmaschinen, In: Frank, H.: Lehrmaschinen in kybernetischer und pädagogischer Sicht, Klett und Oldenbourg, Stuttgart und München, 1963

von Cube, Felix: Über ein Verfahren der mechanischen Didaktik, GrKG 2/1, 1961a

von Cube, Felix; Gunzenhäuser, R.: Experimente zur Verifikation der Theorie des mechanischen Lernens, GrKG 2/4, 1961b

von Cube, Felix: Entwurf eines Lernmodells auf der Basis der Informationstheorie, GrKG 3/2, 1962

von Cube, Felix: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens, Klett, Stuttgart, 1964a

von Cube, Felix: Kybernetik und Programmierte Instruktion, Deutsche Lehrprogramme für Schule und Praxis, 4, 1964b

von Cube, Felix: Zur Frage des Auswendiglernens, GrKG 6/1, 1965

Eingegangen am 16. März 1972

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Miloš Lánský, 479 Paderborn, Rathenaustr. 69 – 71
Forschungs- und Entwicklungszentrum für objektivierte Lehr- und Lernverfahren, Institut für Bildungsinformatik

Negentropie und Informationsabbau in sprachdidaktischer Sicht

von Ernesto ZIERER, Trujillo, Peru

aus dem Departamento de Idiomas y Linguistica der Universidad Nacional de Trujillo (Direktor: Prof. Dr. Ernesto Zierer)

1. *Ordnung, System und Struktur*

Ordnung ist ein zentraler Begriff im Verstehen des menschlichen Daseins. Das Tun des Menschen als vernünftiges Wesen strebt nach Stiftung von Ordnung. Daraus leitet auch die Pädagogik einen ihrer Bildungsbegriffe ab: „Bildung ist jene Verfassung des Menschen, die ihn in den Stand versetzt, sowohl sich selbst als auch seine Beziehungen zur Welt in O r d n u n g zu setzen" (Th. Litt 1952).

Im weitesten Sinne verstehen wir unter einem S y s t e m einen Sachverhalt, der sich dynamisch realisiert auf Grund

(a) einer Menge bestimmter E l e m e n t e , die
(b) nach einem bestimmten immanenten P l a n ,
(c) kraft diesem Sachverhalt eigener E n e r g i e ,
(d) durch Anwendung bestimmter R e g e l n
(e) wechselnde S t r u k t u r e n , d.h. Zustandsänderungen bewirken.

In diesem Sinne verstehen wir unter Struktur den Zustand eines Systems zu einem gewissen Zeitpunkt.

2. *Entropie und Negentropie*

Unter dem Ausdruck E n t r o p i e als Prinzip verstehen wir die Tendenz benachbarter ungleicher Energien innerhalb eines geschlossenen Systems sich auszugleichen. In p h y s i k a l i s c h e n Systemen äußert sich dieses Streben als Übergang von einem Zustand der Ordnung in einen der Unordnung, oder von einem Zustand kleinerer Entropie in einen größeren Entropie, wobei hier unter „Entropie" eine Meßgröße verstanden wird.

In nicht physikalischen Systemen, zum Beispiel der Sprache, verläuft der Vorgang in umgekehrter Richtung: Der Übergang erfolgt von einem Zustand maximaler Unordnung in einen maximaler Ordnung. Man spricht daher von negativer Entropie oder N e g e n t r o p i e , was an folgendem Beispiel gezeigt werden soll:

Wir nehmen an, einem Schüler, der Spanisch als Fremdsprache lernt, sei die Aufgabe gestellt, die fehlende Endung von „est-" einzusetzen:

„Ayer compré est___ libro." (Gestern kaufte ich dies___ Buch.)

Wenn der Schüler die 4 Endungen — e, a, os, as — des hinweisenden Fürworts zwar als Phonemfolgen kennt, aber ihnen die jeweilige Bedeutung nicht zuordnen kann, dann ergibt sich für ihn ein Feld mit folgender Wahrscheinlichkeitsverteilung:

$$E_1 = \begin{bmatrix} -e & -a & -os & -as \\ p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

Diesem Feld entspricht gemäß der Shannonschen Formel ein Ordnungsmaß — eine Negentropie von

$$H = -(p_1 \operatorname{ld} p_1 + p_2 \operatorname{ld} p_2 + p_3 \operatorname{ld} p_3 + p_4 \operatorname{ld} p_4) = -2.$$

Nehmen wir nun an, daß der Schüler in seinem Lernen weiter fortgeschritten ist und die Singularendungen von den Pluralendungen des Fürworts unterscheiden kann. Da das Substantiv im Beispielsatz im Singular steht, ändert sich für den Schüler das Feld wie folgt:

$$E_2 = \begin{bmatrix} -\mathrm{e} & -\mathrm{a} & -\mathrm{os} & -\mathrm{as} \\ p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Die Berechnung der dieser Wahrscheinlichkeitsverteilung entsprechenden Negentropie ergibt den Wert —1.

Schließlich nehmen wir an, daß der Schüler auch noch das grammatikalische Geschlecht unterscheiden kann. Die Lösung der Aufgabe ist für ihn dann kein Problem mehr, und das diesem Zustand entsprechende Feld ändert sich wie folgt:

$$E_3 = \begin{bmatrix} -\mathrm{e} & -\mathrm{a} & -\mathrm{os} & -\mathrm{as} \\ p_1 & p_2 & p_3 & p_4 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Diesem Zustand maximaler Ordnung entspricht eine Negentropie mit dem Wert 0.

Man kann also die Negentropie ein negatives Maß der Unordnung bezeichnen — mit dem Anwachsen der Unordnung entfernt sich der Negentropiewert von Null, — oder aber auch als positives Maß der Ordnung: Je mehr Ordnung, desto mehr nähert sich der Negentropiewert dem Nullwert.

3. *Negentropie und Superierung*

Der Mensch als rationales Wesen wächst in die Welt hinein durch Aufnahme, Verarbeitung und Abgabe von Information. Sein Vermögen, Strukturen zu erkennen und Einsicht in das Funktionieren der diesen zugrundeliegenden Systeme zu gewinnen, spielt

dabei eine besondere Rolle. Es ist daher ein Anliegen der Didaktik, dieses Vermögen im jungen Menschen, wo möglich als Erlebnisvermögen, zu entwickeln.

Dem Lernen als die Gewinnung von Einsicht in die Funktionsweise der Systeme, mit denen der Mensch in Beziehung tritt, entspricht der Aufbau von internen Modellen. Hierbei ist der bewußte aber auch unbewußte Aufbau von Strukturen höherer Hierarchie aus Elementen oder Strukturen niederer Hierarchie von besonderer Bedeutung. Diese S u p e r i e r u n g kann auf 3 verschiedene Weisen erfolgen:

(a) durch K l a s s e n b i l d u n g, d.h. durch Zusammenfassung von verschiedenen Elementen zu einer Klasse auf Grund des Erfassens der für die Bildung dieser Klasse relevanten Merkmale;

(b) durch K o m p l e x b i l d u n g, d.h. durch die Verflechtung von sogenannten Unterzeichen zu einem Superzeichen; und

(c) durch R e l a t i o n s b i l d u n g. Im folgenden soll auf diesen Superierungstyp, auf den WELTNER (1970) hingewiesen hat, mit einem Beispiel eingegangen werden.

Ein besonderes Problem ist für den Schüler, der Spanisch als Fremdsprache lernt, der richtige Gebrauch der beiden Hilfszeitwörter „ser" und „estar" (sein) bei Adjektiven, die eine konkrete und eine übertragene Bedeutung haben können, sowie die richtige Stellung dieser Adjektive in attributiven Konstruktionen. Ohne Superierung müßte sich der Schüler folgende Regeln merken:

(1) Wird das Adjektiv mit konkreter Bedeutung gebraucht, dann steht die Kopula „ser":
„El muchacho es ciego." (Der Junge ist blind.)

(2) Wird das Adjektive mit konkreter Bedeutung gebraucht, dann steht es in attributiver Konstruktion hinter dem Substantiv:
„el muchacho ciego" (der blinde Junge)

(3) Wird das Adjektiv mit übertragener Bedeutung gebraucht, dann steht die Kopula „estar":
„El muchacho está ciego." (Der Junge ist blind, (denn er weiß nicht was er tut.)) *)

(4) Wird das Adjektiv mit übertragener Bedeutung gebraucht, dann steht es in attributiven Konstruktionen vor dem Substantiv:
„el ciego muchacho" (der blinde Junge)

Das Lernen dieser 4 Regeln ohne Superierung bedeutet für den Schüler den Abbau von $I = 4 \text{ ld } 4 = 8$ bit subjektiver Information. Dem entspricht vor Einlernen der Regeln ein Feld maximaler Unordnung, das wir im Abschnitt 2 als E_1 mit dem Entropiewert -2 kennengelernt haben.

*) „estar" steht auch dann, wenn man dem Jungen vorübergehend die Augen zugebunden hat und er daher nicht sehen kann. Von dieser Bedeutung sehen wir hier ab.

Nun wird aber der Lehrer dem Schüler in zweckentsprechender Darbietungsweise von Beispielen Einsicht in folgende Beziehung zwischen prädikativen und attributiven Konstruktionen mit Adjektiven der oben genannten Klasse verhelfen:

(1) „El muchacho es ciego" ⇒ „el muchacho ciego"
(2) „El muchacho está ciego" ⇒ „el ciego muchacho"

Hat der Schüler die in diesen Transformationen zum Ausdruck gebrachte Relation erkannt und lernt die 4 Sachverhalte auf diese Weise, dann erfolgt der Abbau der subjektiven Information durch Superierung mittels Relationsbildung. Der Schüler lernt unsere 4 Sachverhalte mit folgenden Regeln:

(1) Wird das Adjektiv mit konkreter Bedeutung gebraucht, dann steht in prädikativer Konstruktion die Kopula „ser", und in attributiver Konstruktion steht das Substantiv vor dem Adjektiv.

(2) Wird das Adjektiv mit übertragener Bedeutung gebraucht, dann steht in prädikativer Konstruktion die Kopula „estar", und in attributiver Konstruktion steht das Substantiv nach dem Adjektiv.

Dem Lernen dieser 2 (zusammengesetzten) Sachverhalte entspricht ein Abbau von subjektiver Information, der $I = 2 \text{ ld } 2 + 2 \text{ ld } 2 = 4$ bit beträgt. Die subjektive Information konnte also um 50 % reduziert werden, was didaktisch von Bedeutung ist. Dem Erlernen der beiden Regeln entspricht ein Ausgangsfeld, dessen Entropiewert −1 ist, als ein „geordneteres" Feld anzeigt.

4. *Zusammenfassung*

Dem Lernen als Prozeß zunehmender Ordnung entspricht eine Abnahme der Negentropie. Der Abbau der subjektiven Information kann auch im sprachdidaktischen Bereich durch Einsicht d.h. durch Superierung beschleunigt werden. Von methodisch besonderer Bedeutung ist dabei die Relationsbildung.

Schrifttumsverzeichnis

Litt, Th.: Naturwissenschaft und Menschenbildung. Heidelberg, 1952

Stever, H.: Superierung durch Komplexbildung, Dissertation Universität Karlsruhe, 1971

Weltner, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft, Quickborn, 1970, S. 118

Eingegangen am 26. Juni 1972

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Ernesto Zierer, Departamento de Idiomas y Linguistica, Universidad Nacional de Trujillo/Peru, Apartado 315

Redundanz in Abhängigkeit von Kommunalität und Repetition fließender und assoziativer Texte

von Hermann Peter POMM, Lich-Gießen

1 *Problemstellung*

Eine formale Analyse von Texten ist möglich durch die informationstheoretischen Begriffe Mittlere Information und Redundanz. Diese Testparameter lassen sich nicht nur anwenden auf Laute und Buchstaben, sondern auch auf Silben und Wörter (SHANNON 1951, FUCKS 1953, KÜPFMÜLLER 1954, MEYER-EPPLER 1959, FRANK et al. 1963).

Der Begriff Redundanz läßt neben der im SHANNONschen Sinne „normierten Information" noch andere Deutungen zu. Redundanz wird bezeichnet als „the amount of unutilized possibilities" (QUASTLER 1955), als „Maß der Verständlichkeit einer Nachricht" (MOLES 1956), als „einsparbare Information" (FRANK 1969) oder wird synonym gebraucht mit „Wiederholung" (von CUBE 1965). Ein Maß für Wiederholung von Wörtern in einem Text liefert auch das Type-Token-Ratio in einfacher oder logarithmischer Form (HERDAN 1960).

In den vorliegenden Ausführungen soll der mögliche Zusammenhang zwischen Redundanz und Type-Token-Ratio untersucht werden; in Erweiterung werden Redundanz und Kommunalität, ein Begriff der häufig in Verbindung mit Assoziationen auftritt, in Beziehung gesetzt.

2 *Redundanz, Kommunalität und Repetition*

Ein abgeschlossener Text bildet eine Menge von N Wörtern. Treten im Text einzelne Wörter mehrmals auf, so ist die Zahl n der verschiedenen Zeichen von der Gesamtzahl N zu unterscheiden. Seien $W_1, W_2, ..., W_i, ..., W_n$ die im Text vorkommenden verschiedenen Wörter, die mit der relativen Häufigkeit $h_1, ..., h_i, ... h_n$ gebraucht werden. Die Mittlere Information im Ereignisfeld ‚Text' beträgt (SHANNON 1948):

$$(1) \qquad H = -\sum_{i=1}^{n} h_i \operatorname{ld} h_i$$

Um Texte unterschiedlicher Länge vergleichbar zu machen, muß die Mittlere Information normiert werden; dies ist möglich durch den Begriff der relativen Redundanz r (SHANNON 1948):

$$(2) \qquad r = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} = 1 - \frac{H}{\operatorname{ld} n}$$

H_{max} = ld n wird bei Gleichverteilung der W_i erreicht. Nach Gleichung (2) wird $r = 0$ für $H = H_{max}$ = ld n, d.h. bei gleichhäufigem Auftreten der Wörter $W_1, ..., W_n$ und $r = 1$ für $H = 0$, d.h. der Text besteht aus nur einem Wort ($n = 1$), das N-mal gebraucht wird, $N \geqslant 1$; damit gilt $0 \leqslant r \leqslant 1$.

Neben der Mittleren Information, die auf der Häufigkeitsverteilung im Ereignisfeld ‚Text' beruht, kann die Anzahl n der verschiedenen Wörter (Types, hier: Wortschatz) zur Gesamtzahl N der Auftritte dieser Wörter im Text (Tokens, hier: Textlänge) gesetzt werden. Das als Type-Token-Ratio (Wortwahlabwechslung) bezeichnete Verhältnis ist ein relatives Maß für die Anzahl der verschiedenen Wörter im Textganzen (CARROLL 1938, JOHNSON 1944):

(3) $$TTR = \frac{n}{N}$$

während als ein relatives Maß für die Anzahl der wiederholten Wörter, der Repetition, der Ausdruck gilt:

(4) $$W = 1 - TTR$$

Die Repetition $W = 0$, falls $n = N$, d.h. jedes Wort im Textganzen nur einmal auftritt; sie strebt gegen den Wert $W = 1$, falls ein oder mehrere verschiedene Wörter unendlich oft gebraucht werden:

$$\lim_{N \to \infty} W = 1 \text{ für } \frac{n}{N} \to 0; \quad \text{es gilt also } 0 \leqslant W < 1$$

Das TTR ändert sich im allgemeinen mit dem Umfang des Textes; das Vokubular, der benutzte Wortschatz wächst zwar mit der Länge, das TTR steigt dagegen nur negativ beschleunigt an (CHOTLOS 1944). Das logarithmische Typen-Token-Ratio (HERDAN 1960, Seite 28ff) definiert durch

(5) $$\gamma = \frac{\log n}{\log N}$$

ist (wie HERDAN (1960) nachgewiesen hat) konstant für verschiedene Textstichproben d.h. unabhängig von der Textlänge. Ein vom Textumfang unabhängiges Maß für Wiederholungen von Wörtern ist dann die sog. „logarithmische Repetition":

(6) $$\delta = 1 - \gamma$$

$\delta = 0$, falls im Text jedes Wort nur einmal verwandt wird ($N = n$) und $\delta = 1$, falls nur ein Wort N mal, $N > 1$, auftritt, so daß $0 \leqslant \delta \leqslant 1$.

Die Kommunalitäten $K_1, K_2, K_3, ... K_\nu$, wobei

(7) $$K_1 = h_1, \; K_2 = h_1 + h_2, ..., \; K_\nu = \sum_{i=1}^{\nu} h_i; \quad \nu < n$$

bezeichnen umkehrbar eindeutig als ein kumulatives, relatives (oder prozentuales) Maß die häufigsten Wörter eines Textes, falls ν der Wortrang innerhalb des Textes ist. Es kann versucht werden, die Redundanz r nach den Gleichungen (2) und (7) durch die Kommunalitäten K_i anzuschätzen, im einfachsten Fall durch einen linearen Zusammenhang der Form: $r = f(K_i)$

(8) $$r = c_1 \cdot K_1, \quad r = c_2 \cdot K_2, \ldots, \quad r = c_\nu \cdot K_\nu$$

wobei die c_ν = const., $0 < c_\nu < 1$, abhängig vom Wortrang ν, der im weiteren auch als Kommunalitätsindex bezeichnet sei, sind:

(9) $$c_\nu = f(\nu)$$

3 *Formale Textparameter unterschiedlicher Stilformen*

Redundanz, Repetition und Kommunalität lassen sich für verschiedene Stil- und Textformen bestimmen. Im folgenden wird unterschieden zwischen invertierten, experimentellen, assoziativen und fließenden Texten, die durch spezifische Beziehungen $r - W$ bzw. $r - \delta$ charakterisiert sind.

Die zur Auszählung herangezogenen Texte (vgl. Tabellen 1 bis 4) wurden auf Lochkarten übertragen. Die Berechnung der in den Gleichungen (1) bis (9) definierten Textparameter wurden mittels eines in FORTRAN IV geschriebenen Textanalyseprogramms (WILDGRUBE 1972) im Rechenzentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt.

3.1 *Formale Textparameter in invertierten, experimentellen, fließenden und assoziativen Texten*

1. Invertierte Texte können zusammengestellt werden aus einer endlichen Zahl von syntaktisch-richtigen und -vollständigen Sätzen, die durch Inversion von ein oder mehreren Wörtern entstehen. Ein Beispiel ist ein Gedicht von E. GOMRINGER:

Das schwarze Geheimnis ist hier.
Hier ist das schwarze Geheimnis.

Die Redundanz von invertierten Texten, in denen jedes Wort gleichhäufig verwandt wird, ist Null, während die Repetition je nach der Zahl der gebrauchten Sätze unterschiedliche Werte erhält. Damit gilt allgemein für invertierte Texte: $r = 0$, $0 \leqslant W < 1$; für das Gedicht von GOMRINGER errechnet sich $r = 0$, $W = 0{,}500$, $\delta = 0{,}301$.

2. Experimentelle Texte erschließen durch ein ‚Spiel mit Worten' neue lyrische Aussageformen; ein weiteres Beispiel von E. GOMRINGER: Worte sind schatten/schatten werden worte/worte sind spiele/spiele werden worte/sind schatten worte/werden worte spiele/sind spiele worte/werden worte schatten/sind worte schatten/werden spiele worte/ sind worte spiele/werden schatten worte/.

Experimentelle Texte benutzen zum Teil ebenfalls invertierte Sätze, die Wörter treten jedoch insgesamt nicht mit derselben Häufigkeit auf, so daß Redundanz $r > 0$ wird. Die Redundanz der untersuchten, experimentellen Gedichte liegt zwischen 0,020 und 0,051, während die Repetitionspanne den relativen großen Bereich von $0{,}476 \leqslant W \leqslant 0{,}881$, $0{,}212 \leqslant \delta \leqslant 569$ umfaßt (vgl. Tabelle 1).

3. Assoziative Texte entstehen durch Zusammenstellen der Responses mehrerer Versuchspersonen auf einen verbalen Stimulus. Für die Untersuchung wurden die Antworten von etwa 250 Kindern im Alter zwischen 8 und 14 Jahren auf neun Verben und neun Substantive zusammengefaßt. Zu jedem Stimulus kann man eine Häufigkeitsverteilung aufstellen, aus der sich Redundanz und Repetition berechnen lassen (vgl. Tabelle 2). Die Werte für r liegen zwischen 0,139 und 0,382, die Repetition erstreckt sich über den Bereich von 0,570 bis 0,926 und $0{,}161 \leqslant \delta \leqslant 0{,}337$.

4. Fließende Texte umfassen vornehmlich den Bereich der Prosa mit ihren verschiedenen Stilformen, z.T. aber auch die Lyrik. Redundanz und Repetition von jeweils 5 Texten (z.T. in Stichproben von etwa 100 bis 150 Wörtern) aus den literarischen Gebieten – Sachtexte für das 2. Schuljahr, Märchen und Erzählungen, moderne Prosa und wissenschaftliche Abhandlungen – wurden berechnet. Die Redundanz umfaßt den Bereich 0,024 bis 0,108, die Repetition W liegt zwischen 0,185 und 0,628, δ zwischen 0,041 und 0,177 (vgl. Tabelle 3).

3.2 *Der Vergleich von Redundanz und Repetition*

Die Frage nach einem Zusammenhang zwischen Redundanz und Repetition läßt sich verschieden beantworten. Zwischen r und W bei fließenden Texten ergibt sich eine Proportionalität mit relativ geringer Varianz, für assoziative Texte ist die Varianz etwas größer. Die Güte der Anpassung nach dem CHI^2-Test ist sehr gut ($p > \cdot 90$).

$$(10) \qquad r = m \cdot W, \qquad m = \text{const.}$$

mit den Proportionalitätsfaktoren $m_f = 0{,}1365 \pm 0{,}0056$ für fließende Texte und $m_a = 0{,}3072 \pm 0{,}0208$ für assoziative Texte. Die Redundanz von Texten erweist sich empirisch als ungefähr proportional zum Anteil der wiederholten Wörter, wobei in fließenden Texten einer ‚Ersparnis von Information' um 1 % ein Anstieg der Repetition um etwa 7,4 % erforderlich ist; bei assoziativen Texten dagegen nur um 3,3 %.

Eine Darstellung der Redundanz und der logarithmischen Repetition δ in einem r–δ-Diagramm läßt drei abgegrenzte Bereiche, entsprechend den experimentellen (e), assoziativen (a) und fließenden (f) Texten erkennen (vgl. Bild 1). Die Mittelwerte für r und δ der drei Felder unterscheiden sich bis auf die Redundanz für experimentelle und assoziative Texte signifikant voneinander.

Die Angabe charakteristischer $r-\delta$-Felder ermöglicht die Struktur bestimmter Texte durch den Abstand des (r, δ)-Wertes zu den Feldmittelwerten $(\bar{r}, \bar{\delta})$ zu bestimmen. Man kann die Abstände berechnen aus:

$$d_a^2 = (r - \bar{r}_a)^2 + (\delta - \bar{\delta}_a)^2 \quad \text{zum assoziativen Feldmittelwert,}$$

$$(11) \qquad d_e^2 = (r - \bar{r}_e)^2 + (\delta - \bar{\delta}_e)^2 \quad \text{zum experimentellen Feldmittelwert,}$$

$$d_f^2 = (r - \bar{r}_f)^2 + (\delta - \bar{\delta}_f)^2 \quad \text{zum fließenden Feldmittelwert.}$$

Die errechneten Werte für die gewählten Prüftexte (Gedichte) ergeben unterschiedliche Abstände zu den Feldmittelpunkten und verdeutlichen so differierende Strukturen im Gebrauch verschiedener Wörter (vgl. Tabelle 5); der minimale Abstand, Min (d_a, d_e, d_f), gilt als Kriterium für die Charakterisierung des Prüftextes als ein Text mit assoziativer, experimenteller oder fließender Struktur.

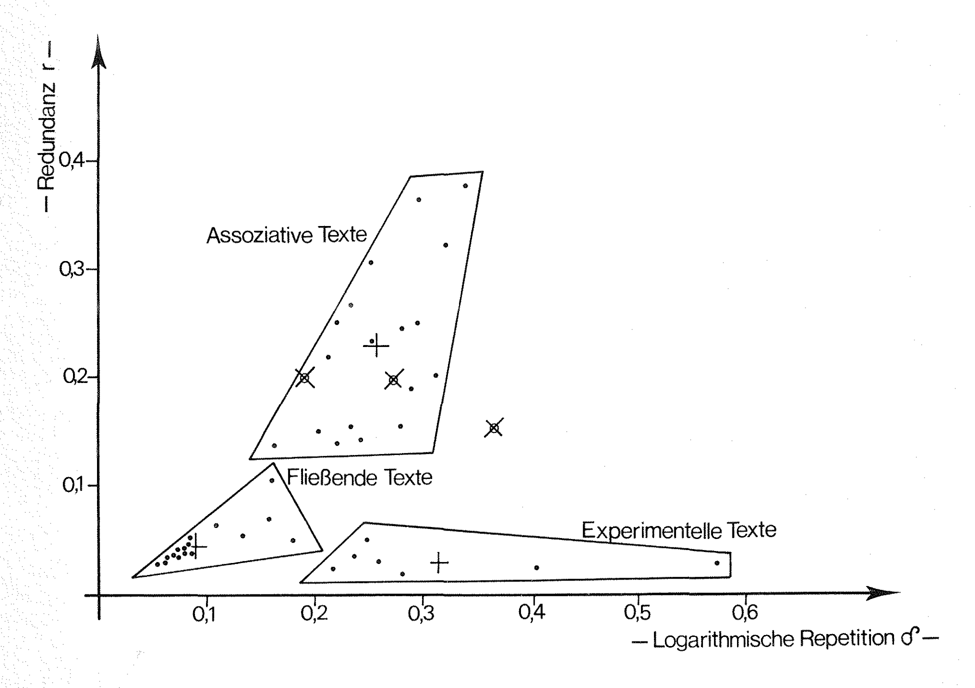


Bild 1: Redundanz und Repetition für verschiedene Textformen

+ Arithmetische Mittel der Textfelder

⊠ Prüftexte

3.3 *Der Zusammenhang zwischen Redundanz und Kommunalität*

Die Kommunalitäten $K_1, ..., K_{10}$, werden berechnet für die assoziativen und fließenden Texte; insgesamt von 38 Texten; die experimentellen Texte sind in die Rechnung nicht mit einbezogen, da in ihnen zum Teil weniger als zehn verschiedene Worte auftreten. Die Proportionalitätsfaktoren c_ν, errechnet nach den Gleichungen (8), erweisen sich als abhängig vom Kommunalitätsindex ν; sie können dargestellt werden durch eine Beziehung der Form:

$$\text{(12)} \qquad \log c_\nu = g_1 - g_2 \log \nu \qquad g_1, g_2 = \text{const.}$$

Da in die Berechnung der c_ν die Kommunalitäten von assoziativen und fließenden Texten miteingehen, können die c_ν als text- und stilunabhängig gelten. Die Kenntnis der Kommunalitäten K_1 oder K_2 oder K_ν eines bestimmten Textes ermöglicht mit Hilfe der zugehörigen Proportionalitätskonstanten c_ν (vgl. Tabelle 5) ein Abschätzen der Redundanz nach Gleichung (8). Wegen der geringen Varianz scheint das Produkt aus c_2 und der Sekundärkommunalität K_2 eines Textes die günstigsten Schätzwerte für r zu geben.

4 *Zusammenfassung*

Redundanz r, Kommunalität K_ν und Repetition W, d.h. das Komplement des Type-Token-Ratios ($W = 1 - TTR$) von verschiedenen Textformen (invertierten, experimentellen, assoziativen und fließenden Texten) werden miteinander verglichen. Zwischen Redundanz und Repetition fließender oder assoziativer Texte kann eine lineare Abhängigkeit angenommen werden; die hypothetische Verbindung des Begriffs Redundanz zum Begriff ‚Wiederholung' (Repetition) wird bestätigt. In einem r-δ-Diagramm ($\delta = 1 - \gamma$, γ = logarithmisches Type-Token-Ratio nach HERDAN) entsprechen den verschiedenen Textformen abgegrenzte Bereiche, die als experimentelles, assoziatives und fließendes Textstrukturfeld bezeichnet seien. Die r-δ-Struktur eines beliebigen Textes läßt sich durch Abstand des ihm entsprechenden (r, δ) Wertepaares zu einem der Feldmittelpunkte ($\bar{r}$, $\bar{\delta}$) bestimmen.

Die Redundanz ist nach Definition von SHANNON eine Funktion der relativen Häufigkeit der gesamten in einem Text vorkommenden verschiedenen Wörter. Ein Abschätzen der Redundanz r eines Textes ist möglich durch das Produkt von Kommunalität K_ν und einem empirisch ermittelten Proportionalitätsfaktor c_ν ($r \approx c_\nu K_\nu$).

Tabelle 1: *Relative Redundanz und Repetition in experimentellen (lyrischen) Texten*

Texte aus WEYRAUCH 1959		*W*	δ	*r*
Tautologismen (H. HEISSENBÜTTEL)		,667	,244	,051
Gedicht in vier Teilen (C. BREMER)	Teil 1	,571	,278	,020
	Teil 2	,476	,212	,026
	Teil 3	,605	,256	,034
	Teil 4	,596	,235	,038
Traum vom Tod (E. FRIED)		,800	,402	,028
Worte sind Schatten (E. GOMRINGER)		,881	,569	,030
	Mittelwerte	,657	,314	,032
	Streuung	,129	,119	,009

Tabelle 2: *Relative Redundanz und Repetition in assoziativen Texten*

Verben	*W*	δ	*R*	Substantive	*W*	δ	*r*
anziehen	,802	,294	,253	Baum	,699	,217	,143
brennen	,845	,337	,382	Blüte	,718	,232	,157
gehen	,804	,295	,370	Eisenbahn	,793	,287	,193
kämpfen	,698	,218	,252	Kirsche	,779	,276	,159
kochen	,755	,254	,234	Klavier	,926	,320	,326
rufen	,746	,249	,310	Lampe	,784	,278	,249
spielen	,685	,210	,222	Ring	,667	,201	,152
verstehen	,570	,161	,139	Vogel	,732	,238	,147
zittern	,713	,230	,270	Wurst	,917	,307	,202
				Mittelwerte	,757	,256	,231
				Streuung	,084	,045	,075

Tabelle 3: *Relative Redundanz und Repetition in fließenden Texten*

Sachtexte 2. Schuljahr	W	δ	r
Das Haus der Lappen	,282	,078	,038
Der Magnet	,533	,177	,051
Das Leben der Schwalben	,257	,069	,038
Der Gärtner	,214	,057	,032
Wir atmen ein — wir atmen aus	,434	,132	,057
Märchen und Erzählungen (aus BÄRMANN u.a.)			
Der Weg aus „Der Indianerjunge Namenlos" (G. DRABSCH)	,628	,158	,108
Junker Prahlhans (O. SUTERMEISTER)	,625	,156	,073
Der Mann im Mond (L. BECHSTEIN)	,360	,085	,047
Der süße Brei (BRÜDER GRIMM)	,444	,109	,068
Der arme und der reiche Schneider (L. TOLSTOI)	,333	,087	,056
Prosatexte (aus SCHROERS 1959)			
Wo ich wohne (I. AICHINGER)	,437	,109	,067
Der Bahnhof von Zimpren (H. BÖLL)	,322	,075	,042
Die Lieblingsspeise der Hyänen (S. LENZ)	,341	,082	,041
Eine Hinrichtung (W. SCHNURRE)	,348	,057	,034
Tageszeiten (P. SCHALLÜCK)	,345	,082	,047
Wissenschaftliche Texte (aus SCHULTZE 1971)			
Meteorite und die Frühgeschichte des Sonnensystems (E. ANDERS)	,268	,065	,044
Mensch und Erde (R. WEYL)	,313	,072	,051
Mechanismen des Gedächtnisses (W.W. DERGATSCHEW)	,300	,069	,034
Mißbildungen (D.J. CLEGG)	,185	,041	,024
Molekularbiologie des Alterns (W. ROTZSCH, W. BEIER, W. RIES)	,299	,070	,044
Mittelwerte	,363	,091	,050
Streuung	,118	,036	,019

Tabelle 4: *Prüftexte mit zweifelhafter Feldzuordnung*

	W	δ	r	$\mathrm{Min}(d_a, d_e, d_f)$	Urteil
Die Maßnahmen (E. FRIED)	,672	,268	,203	d_a = ,074	ass.
Fund im Schnee (H.M.ENSENSBERGER)	,330	,088	,036	d_f = ,014	fli.
Ihr meine Lieder (W.GROSS)	,341	,094	,048	d_f = ,004	fli.
Das Lied vom Jockel (VOLKSGUT)	,890	,354	,156	d_a = ,032	ass.
Bienchen summ herum (H. V. FALLERSLEBEN)	,549	,187	,205	d_a = ,124	ass.

Tabelle 5: *Die Proportionalitätskonstante der r-K_ν-Beziehungen in Abhängigkeit vom Kommunalitätsindex ν*

ν	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c_ν	,911	,626	,516	,454	,412	,386	,362	,342	,326	,313
s	,032	,015	,015	,016	,017	,018	,018	,018	,018	,018

Schrifttumsverzeichnis

Bärmann, F., Mutze, L., Scholz, W. (Hrsg): Das Lebensschiff — ein Lesebuch für hessische Volksschulen. Bagel, Düsseldorf, o.J.

Carroll, J. B.: Diversity of vocabulary and the harmonic series law of word-frequency distribution. Psychol. Rec. 1938, *2*, 179 — 386

Chotlos, J. W.: Studies in language behaviour. Psychol. Monographs 1944, *56*

Frank, H., Klugemann, D., Wendt, S.: Über den Informationsgehalt der Laute in der deutschen Sprache. GrKG *4*/3—4, 1963, 65—72

Frank, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, Agis, Baden-Baden, und Kohlhammer, Stuttgart, 2. Auflage, 1969

Fuchs, W.: Mathematische Analyse des literarischen Stils. Stud. Gen. 1953, *6*/9, 506—523

Herdan, G.: Type-Token-Mathematics. 'S-Gravenhage, Mouton & Co., 1960

Johnson, W.: Studies in language behavior. I. A Programm of research. Psychol. Monogr. 1944, *56*, 2

Küpfmüller, K.: Die Entropie der deutschen Sprache. FTZ, 1954, *7*/6, 265—275

Meyer-Eppler, W.: Grundlagen und Anwendung der Informationstheorie. Berlin, Springer, 1959

Moles, A. A.: Informationstheorie der Musik. Nachrichtentechnische Fachberichte (NTF) Nr. 3, 1956, 47—55

Quastler, H. (Ed.): Information theory in psychology. Problems and methods. Free Press, Glencoe (Illinois), 1955

Schroers, R. (Hrsg): Auf den Spuren der Zeit — Junge deutsche Prosa. List, München, 1959

Schultze, H. (Hrsg): UMSCHAU — Jahrbuch 1972 — 18 aktuelle Beiträge aus Forschung und Technik. Umschau, Frankfurt, 1971

Shannon, C.E.: A mathematical theory of communication. Bell Syst. Techn.J. 1948, *27*, 379—423, 623—656

Shannon, C.E.: Prediction and entropy of printed english. Bell Syst. Techn.J. 1951, *30*/1, 60—64

von Cube, F.: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens. Klett, Stuttgart, 1965

Weyrauch, W. (Hrsg): Expeditionen — deutsche Lyrik seit 1945. List, München, 1959

Wildgrube, W.: Programm zur EDV-Analyse von Texten. Unveröffentlichtes Manuskript.

Eingegangen am 26. Oktober 1972

Anschrift des Verfassers:

Hermann Peter Pomm, 6302 Lich/Gießen, Höhlerstraße 10

Die Entwicklung des Afrikaans – ein Anpassungsvorgang

von W. W. SCHUHMACHER, Kopenhagen

Aus dem Institut für germanische Philologie der Universität Kopenhagen
(Direktor: Prof. Dr. K. Hyldgaard-Jensen)

Einige Linguisten definieren zwar Afrikaans nicht als kreolisch, glauben jedoch, in dieser germanischen Sprache eine ganze Reihe von sog. Kreolismen (wie etwa doppelte Negation oder Nasalvokale) identifizieren zu können. Auf der anderen Seite werden die stattgefundenen Änderungen demgegenüber als Innovationen in der Grammatik/den Grammatiken der Dialekte der holländischen Kolonisten am Kap interpretiert, wobei Regeln, welche Innovationen in der phonologischen Komponente darstellen, von solchen, die als Änderungen im morphologischen Inventar betrachtet werden können, unterschieden werden. Das Lexikon einer Grammatik wird wohl am ehesten beim Einwirken von sprachlichen Störungen (Sub-, Super- oder Adstrat) Veränderungen unterliegen: Lexikalische Entlehnungen sind ein Zeugnis für diese stabilitätsaufhebende Form von Rückkopplung. Der Beweis dafür, daß eine derartige positive Rückkopplung ebenfalls phonologischen und morphologischen Änderungen zugrundegelegen haben soll, kann nicht so leicht erbracht werden. So wird z.B. im Afrikaans im allgemeinen das Ersetzen des Nominativs durch den Akkusativ beim Personalpronomen (wie im Falle von *ons* gegenüber Niederländisch *wij* „wir") als Kreolismus bezeichnet. Da jedoch zu diesem Verhalten u.a. in der heutigen dänischen Volks- oder Vulgärsprache eine Parallele gefunden werden kann, wo das obige Ersetzen alle Fälle trifft, mag vielleicht der Ausdruck „germanischer Vulgärismus" angebrachter sein. Der oben aufgeführte zweite Gesichtspunkt kann auch im Lichte der Theorie der Anpassungsvorgänge betrachtet werden: Die „vereinfachte" Struktur des heutigen Afrikaans ließe sich dann als das Ergebnis eines besonderen Anpassungsverhaltens werten, das von den holländischen Kolonisten zu dem Zweck ausgelöst worden wäre, der nicht-holländischen Bevölkerung die Verständigung zu erleichtern. Mit anderen Worten: Um die einwirkende Störung in Form der koexistenten Sprache: der portugiesischen Lingua Franca der Sklaven und anderer Leute aus verschiedenen Teilen Ostindiens und Afrikas, zu paralysieren, d.h. um die eigene Sprache davor zu bewahren, (teilweise) kreolisch zu werden, hätten Strukturveränderungen zur Vereinfachung hin stattgefunden. Folglich würde ein Afrikaans, das seinen Ursprung im kapholländischen „foreigner talk" (Ferguson, 1972) hätte, überhaupt kein kreolisches (oder Pidgin-) Merkmal aufweisen. (Eine Pidgin-Sprache ist das Ergebnis einer Modifizierung der dominierenden Sprache durch den Sprecher der „unteren" Sprache. Kreolisch wird diese Modifizierung erst dann, wenn sie später die Funktion einer Erst-Sprache übernommen hat. So ist z.B. auch Germanisch als kreolisiertes Indoeuropäisch definiert worden.)

Schrifttumsverzeichnis

Ferguson, C. A.: An investigation into „simplified speech" as used with hearers who do not have full understanding of the language, Vortrag auf dem 3. Internationalen Kongreß für Angewandte Linguistik, Kopenhagen, 21. bis 26. August 1972

Eingegangen am 26. Oktober 1972

Anschrift des Verfassers:

Adjunkt W. W. Schuhmacher, Universität Kopenhagen, Institut für germanische Philologie, Vesterbrogade 16, DK–1620 Kopenhagen V

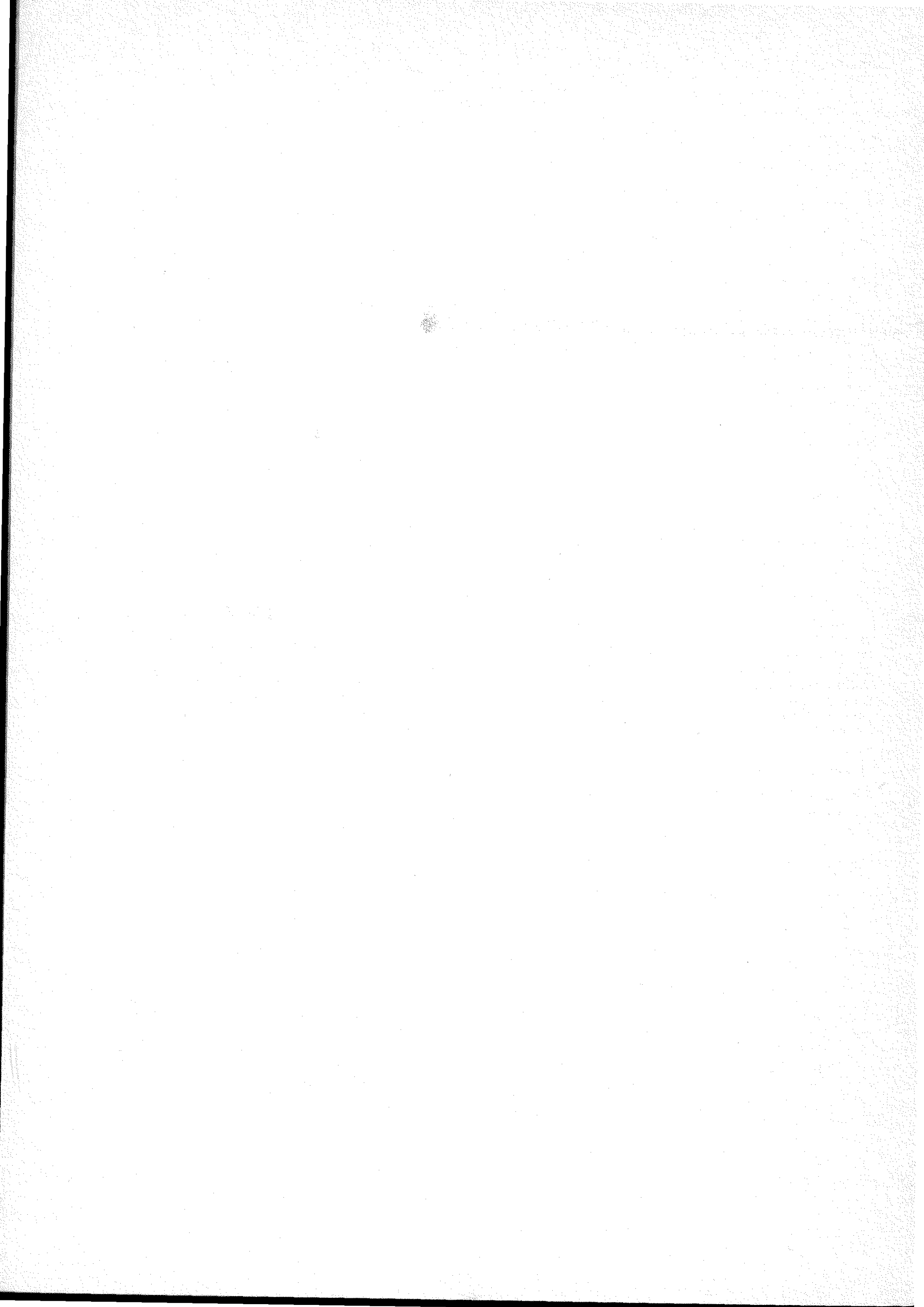
Mitteilungen

Veranstaltungen

Der Kybernetik-Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik (DGK) über Kybernetik und Bionik findet vom 28. – 30. März 1973 in Nürnberg, Meistersingerhalle (Münchener Straße 21) statt. Der Teilnehmerbeitrag beträgt für Mitglieder (auch der Trägerorganisationen) DM 55,–, für Nichtmitglieder DM 80,– und für Studenten DM 10,–. Anmeldungen an das Tagungsbüro „Kybernetikkongreß 1973" c/o AEG-TFK-Büro, 85 Nürnberg, Marientorgraben 11.

Das Institut für Nachrichtenverarbeitung und -übertragung an der Universität Karlsruhe (TH) feiert am 1./2. Juni 1973 sein 15jähriges Bestehen. Frühere Mitarbeiter und Diplomanden des Instituts werden höflich gebeten, ihre jetzige Adresse umgehend dem Institut mitzuteilen und die Bitte auch an andere Institutsmitglieder und Diplomanden weiterzugeben. Institut für Nachrichtenverarbeitung und -übertragung der Universität, 75 Karlsruhe, Kaiserstraße 12.

Im Anschluß an das GPI-Symposion vom 21. – 24. März 1973 in Paderborn veranstaltet das Institut für Kybernetik Berlin und Paderborn für seine jetzigen und früheren Mitarbeiter und Förderer, für die Gründungsmitglieder der GPI und die Teilnehmer am 1. Nürtinger Symposion über Lehrmaschinen (1963) einen Jubiläumsball im Ratskeller in Paderborn, Samstag, den 24. 3. 1973, ab 19 Uhr.



Richtlinien für die Manuskriptabfassung

Es wird zur Beschleunigung der Publikation gebeten, Beiträge an die Schriftleitung in doppelter Ausfertigung einzureichen. Etwaige Tuschzeichnungen oder Photos brauchen nur einfach eingereicht zu werden.

Artikel von mehr als 12 Druckseiten Umfang können in der Regel nicht angenommen werden. Unverlangte Manuskripte können nur zurückgesandt werden, wenn Rückporto beiliegt. Es wird gebeten bei nicht in deutscher Sprache verfaßten Manuskripten eine deutsche Zusammenfassung anzufügen.

Die verwendete Literatur ist, nach Autorennamen alphabetisch (verschiedene Werke desselben Autors chronologisch) geordnet, in einem Schrifttumsverzeichnis am Schluß des Beitrags zusammenzustellen. Die Vornamen der Autoren sind mindestens abgekürzt zu nennen. Bei selbständigen Veröffentlichungen sind Titel, Erscheinungsort und -jahr, womöglich auch Verlag, anzugeben. Zeitschriftenbeiträge werden vermerkt durch Name der Zeitschrift, Band, Seite (z. B. S. 317–324) und Jahr, in dieser Reihenfolge. (Titel der Arbeit kann angeführt werden.) Im selben Jahr erschienene Arbeiten desselben Autors werden durch den Zusatz „a", „b" etc. ausgezeichnet. Im Text soll grundsätzlich durch Nennung des Autorennamens und des Erscheinungsjahrs des zitierten Werkes (evtl. mit dem Zusatz „a" etc.), in der Regel aber nicht durch Anführung des ganzen Buchtitels zitiert werden. Wo es sinnvoll ist, sollte bei selbständigen Veröffentlichungen und längeren Zeitschriftenartikeln auch Seitenzahl oder Paragraph genannt werden. Anmerkungen sind zu vermeiden.

Forme des manuscrits

Pour accélérer la publication les auteurs sont priés, de bien vouloir envoyer les manuscrits en deux exemplaires. Des figures (à l'encre de chine) et des photos, un exemplaire suffit.

En général les manuscrits qui fourniraient plus de 12 pages imprimées ne peuvent être acceptés. Les manuscrits non demandés ne deuvent être rendus que si les frais de retour sont joints. Si les manuscrits ne sont pas écrits en allemand, les auteurs sont priés de bien vouloir ajouter un résumé en allemand.

La littérature utilisée doit être citée à la fin de l'article par ordre alphabétique; plusieurs oeuvres du même auteur peuvent être enumérées par ordre chronologique. Le prénom de chaque auteur doit être ajouté, au moins en abrégé. Indiquez le titre, le lieu et l'année de publication, et, si possible, l'éditeur des livres, ou, en cas d'articles de revue, le nom de la revue, le tome, les pages (p.ex.p. 317–324) et l'année, suivant cet ordre; la titre des travaux parus dans de revues peut être mentionné. Les travaux d'un auteur parus la même année sont distingués par «a», «b» etc. Dans le texte on cite le nom de l'auteur, suivi de l'année de l'édition (éventuellement complèté par «a» etc.), mais non pas, en général, le titre de l'ouvrage; si c'est utile on peut ajouter la page ou le paragraphe. Evitez les remarques en bas de pages.

Form of Manuscript

To speed up publication please send two copies of your paper. From photographs and figures (in indian ink) only one copy is required.

Papers which would cover more than 12 printed pages can normally not be accepted. Manuscripts which have not been asked for by the editor, are only returned if postage is enclosed. If manuscripts are not written in German, a German summary is requested.

Papers cited should appear in the Bibliography at the end of the paper in alphabetical order by author, several papers of the same author in chronological order. Give at least the initials of the authors. For books give also the title, the place and year of publication, and, if possible, the publishers. For papers published in periodicals give at least the title of the periodical in the standard international abbreviation, the volume, the pages (e.g. p. 317–324) and the year of publication. (It is useful to add the title of the publication.) When more than one paper of the same author and the same year of publication is cited, the papers are distinguished by a small letter following the year, such as "a", "b" etc. References should be cited in the text by the author's name and the year of publication (if necessary followed by "a" etc.), but generally not with the full title of the paper. It might be useful to mark also the page or paragraphe referred to.